

Ondergronds lozen van afval

Beschouwingen naar aanleiding van het Symposium on Underground Waste Management and Environmental Implications sponsored by American Association of Petroleum Geologists (AAPG) and United States Geological Survey (USGS) Houston, Texas, december 6-9, 1971.

Inleiding

Op dit door de algemene voorzitter, W. C. Finch (Shell Oil Co., Houston, Texas) en zijn medewerkers bijzonder goed georganiseerd symposium werden in drie dagen tijd 33 lezingen, twee tafelredes en een „summary” gehouden. Elk der sprekers had 30 minuten tot zijn beschikking. Sectievoorzitters en sprekers hielden zich strikt aan de tijd, een bijzondere prestatie, zodat zelfs in vele gevallen enige tijd om vragen te stellen over bleef. Daarboven was er nog vrij veel gelegenheid om buiten de lezingen contact op te nemen met de sprekers. De avond van de 8e kon men bovendien vrijwel alle sprekers tezamen ontmoeten voor verdere discussies en vragen. Het aantal deelnemers bedroeg bijna 600 (18 van buiten de Verenigde Staten), waarvan er steeds wel een 400 tot 500 in de lezingzaal aanwezig waren. Een probleem was dat het grote aantal deelnemers nogal verschillende achtergronden had. De meerderheid was wel werkzaam in vakken die met geologie, boorteknik of hydrologie te maken hebben, maar er waren ook vertegenwoordigers van allerlei afvalstoffen producerende bedrijven. Dit gaf nogal eens begripsverwarring en onnodige discussies. Opvallend was de aanwezigheid van verscheidene vertegenwoordigers van firma's die zich specialiseren in het boren en afwerken van putten voor afvallozing.

De grote belangstelling waarin dit onderwerp staat, wordt tevens geïllustreerd door het aantal (24) medewerkende „Societies” en „Federal Agencies”. De USGS speelt een belangrijke rol; negen lezingen werden door medewerkers van deze dienst gehouden. Bij de auteurs waren USGS, universiteiten en „contracting firms” elk met tien vertegenwoordigd; voorts olie- en chemische industrie elk met drie, „consultants” met twee en Bureau of Mines, Environmental Protection Agency, Atomic Energy Commission, Oak Ridge National Laboratory en Texas Water Quality Board elk met één.

Op de 9e werden vier excursies gehouden die echter niet geheel aan het doel van het symposium beantwoordden. Wel werden op zichzelf interessante methoden van industriële waterzuivering ge-

toond, doch geen voorbeelden van ondergrondse lozing van afvalstoffen. Het symposium gaf een „up to date review” van de gehele problematiek en wel in de volgende secties:

- nature of demand
- environmental implications
- injection systems
- hydrogeological aspects
- fluid en rock mechanics
- geochemistry
- case histories
- legal and administrative aspects.

Voordrachten en discussies zullen gepubliceerd worden in een AAPG memoir, dat helaas eerst in het najaar 1972 verwacht kan worden. Uit het gebodene is ten behoeve van deze beschouwingen vrijelijk geput.

Onderzoek en uitvoering

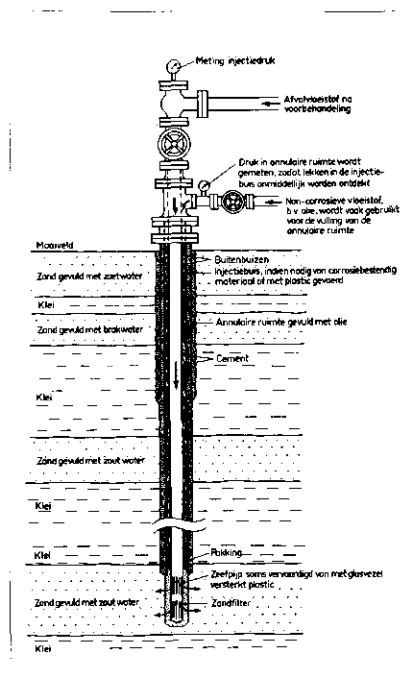
In de Verenigde Staten wordt de verwerking en de lozing van het industriële afvalwater als een dilemma ervaren. Ondergrondse lozing is één der mogelijke methoden, die echter niet overal en voor alle soorten afval toepasbaar is. Het gaat voornamelijk om de lozing in boorputten van moeilijk op andere wijze verwerkbare giftige en schadelijke stof-

fen in zuiver waterige oplossingen, terwijl het opslaan van vast radioactief afval in een verlaten zoutmijn overwogen wordt. Tevens wordt het alsnog niet doenlijk geacht het gedrag van het ondergronds geloosde vloeibare afval op lange termijn afdoende te voorzien; de geohydroloog heeft daar nog niet de middelen toe.

Het ondergronds lozen van afval is een ingrijpen in een natuurlijk systeem, waardoor reacties op kunnen treden van chemische en fysische aard, zoals tussen afvalvloeistof en formatievloeistof en tussen afvalvloeistof en de vaste stof van de formatie. De laatste reacties zijn het belangrijkste: zwelling van kleideeltjes, adsorptie, het ontstaan van neerslagen en gassen kunnen de doorlatendheid van het gesteente ongunstig beïnvloeden. Voorts zijn er:

- mechanische reacties door de plaatselijke toename van de hydraulische druk;
- mogelijk optreden van te grote osmotische spanningen over de afsluitende lagen door het zeeffect van kleien;
- optreden van, over het algemeen vertikale, barsten en spleten door te hoge injectiedruk, die eventueel de afsluitende lagen kunnen beschadigen;
- biologische reacties door bacteriëngroei, mede door de mogelijke aanwezigheid van anaërobe sulfaatreducerende bacteriën die indigeen zijn in het formatiewater.

Afb. 1 - Schematische voorstelling van een lozingsput.



Uit vroegere fouten heeft men geleerd, bijv. het aktiveren van aardbevingen langs bestaande breuken door verhoging van de druk in poriën en spleten van de formatie en het corroderen van verbuiging, injectiebuis („tubing”) en cement.

Uit het, aan de lozing voorafgaande, exploratieve onderzoek dient men te weten te komen:

- de algemene lithologische, hydrologische en tectonische omstandigheden van het sedimentatiebekken waarin de injectie beraamd wordt;
- diepte, uitbreiding, aard en hydrologische eigenschappen van de laag waarin geïnjecteerd zal worden;
- aard, uitbreiding, kwaliteit en hydrologische eigenschappen van de boven- en onderliggende afsluitende lagen;
- stromingsstelsel en drukken van het water in de te injecteren laag;
- maximaal toegelaten injectiedruk en hoeveelheid afvalvloeistof;
- reacties tussen afvalvloeistof en formatie en tussen afvalvloeistof en for-

matiewater onder de in de ondergrond heersende temperatuur en druk met inbegrip van de zeer moeilijk te schatten invloed van de tijd;

- zo mogelijk prognose omtrent verbreding, stabiliteit en verblijftijd van de afvalvloeistof en het daarbij optredende drukverloop in de formatie;
- en dient voorts besloten te worden tot:
 - aard van de putafwerking: verbuizingen door zoet- en brakwaterlagen en tot in de te injecteren laag, cementatie van de verbuizingen van „top tot teen” en controle, „open hole completion” of perforatie van de verbuizing bij geconsolideerd gesteente of gleuven en grindomstorting bij ongeconsolideerd gesteente;
 - zwaarte, materiaal en doorsnede van verbuizingen en injectiebuis, hoeveelheden en soort cement, dikte van de cementmantels, aard van de vloeistof in de annulaire ruimte (tussen verbuizing en injectiebuis), gebruik van „packers”, waarmee de annulaire ruimte aan de onderzijde afgesloten wordt;
 - aantal, diepten, afstanden tot de injectieput en afwerking van de waarnemingsputten tot nagaan van drukverloop en verbreding afvalvloeistof;
 - aard van de bovengrondse installatie: vóórbehandeling van de afvalvloeistof (bijv. afslibben, verwijderen olieresten, zuurgraadcontrole, indampen, verwijdering van organismen), tanks, leidingen, pompen, afsluiters en drukmeters.

Tijdens de levensduur van de installatie is noodzakelijk:

- controle op de samenstelling van de afvalvloeistof;
- meten van de benodigde injectiedruk bij de gewenste te lozen hoeveelheden en van de druk in de annulaire ruimte;
- meten van het drukverloop in de geïnjecteerde laag en eventueel in erbovenliggende lagen;
- analyses van de vloeistoffen in de formatie.

Na het verlaten van de installatie dienen:

- de injectieput zorgvuldig dichtgemaakt te worden;
- de drukmetingen in de geïnjecteerde laag en eventueel andere lagen nog enige tijd voortgezet te worden.

Bij het boren, afwerken en verlaten van lozingsputten worden in principe gelijke technieken als in gebruik bij boringen voor aardolie en -gas toegepast, doch de materialen gebruikt bij de afwerking zijn in bepaalde gevallen afwijkend (corrosiebestendig). Technieken van onderzoek en uitvoering zijn soortgelijk als die in de olieindustrie, waar men met het terugpompen van meegeproduceerd zout water in de producerende lagen in enige

tienduizenden putten grote ervaring heeft opgedaan.

In de Verenigde Staten bestaan meer mogelijkheden tot ondergrondse lozing dan in Nederland, enerzijds door de dunnere bevolking en de grotere beschikbare ruimte, anderzijds door het voorkomen van uitgebreide sedimentaire bekkens met dikke afzettingen. Een voorbeeld van dit laatste levert de Gulf Coast met zijn duizenden meters van kenozoïsch klastisch sediment, waar dan ook de meeste lozingsputten, 150 op een totaal van 225 (Verenigde Staten) plus 34 (Canada), in bedrijf zijn. Hier zijn de mogelijkheden bij een goede putafwerking zeer groot. De methode werd in 1950 voor het eerst toegepast; in de komende jaren wordt een sterke groei verwacht.

Wegens de grote chemische reactiviteit van calciumcarbonaat waren wij huiverig omtrent de mogelijkheden tot lozing in de krijtkalk in Nederland. Een goed gedocumenteerd en door uitgebreide metingen in waarnemingsputten uitstekend voorbeeld van veilige lozing in kalksteen in Florida heeft ons van gedachten doen veranderen.

In Nederland is het zaak door de beperkingen, inherent aan land, bevolking en ondergrond, bij eventuele toepassing van de methode zeer grote zorgvuldigheid te betrachten, niet alleen in exploratie en exploitatie, doch ook in de selectie van de afvalstoffen.

Wat betreft de lozing van *radioactief afval*, werden drie methoden besproken:

1. „low level waste” — injecteren in diepe aquifer;
 2. „medium level waste” — in cement-slurrie in kunstmatige, door druk geïnduceerde spleten op geringe diepte;
 3. „high level waste” — in een verlaten, droge zoutmijn;
- en werd voorgesteld:
4. in een door een nucleaire ontploffing ontstane ruimte in kristallijne gesteenten.

Methode 2 wordt toegepast in Oak Ridge in een harde paleozoïsche kleisteen op diepten van ongeveer 300 m of minder (op deze geringe diepte ontstaan horizontale spleten). Evenmin als mogelijkheid 4 kan dit in Nederland toegepast worden. Methode 3 is onderzocht, met name het opbergen van radioactief afval in een gedeeltelijk verlaten, gedeeltelijk nieuw aangelegde zoutmijn in Kansas; dit is nu ter beoordeling gegeven aan een federale commissie. De toepasbaarheid in Nederland dient onderzocht te worden.

Veiligheid

De veiligheidsaspecten, nl. de bescherming van het milieu, van het nu en in de toekomst bruikbare grondwater en van delfstoffen, namen een grote plaats in en vele sprekers betrokken deze in hun betoog. Opviel dat vertegenwoordigers van regeringsdiensten kritischer geluiden deden horen dan die van de industrie. De

kosten mogen nooit een belemmering zijn om de maximale veiligheid te garanderen. Veiligheid en gezondheid zijn moeilijk in geld uit te drukken, doch zij mogen niet afgewogen worden tegen de kosten van de ondergrondse lozing van afval. De methode is echter betrouwbaar en economisch aantrekkelijk gebleken met de nodige voorzorgen:

- grondig onderzoek vooraf, zowel geologisch en hydrologisch als fysisch en chemisch;
- uiterst zorgvuldige putafwerking;
- uitvoering van een proefinjectie;
- waarneming van het drukverloop in de injectieput met de mogelijkheid tot automatische afsluiting;
- waarneming van het drukverloop en van de chemische samenstelling van het formatiewater in putten op verschillende afstanden van de injectieput, zowel in de laag waarin geloosd wordt als in de bovenliggende afsluitende en watervoerende lagen;
- doorgaan met deze metingen ook wanneer de injectie is opgehouden;
- het zorgvuldig afsluiten van de verlaten put met cement;

kortom een zorgvuldige planning van elke operatie is noodzakelijk, terwijl ook de diepte van de lozing veiligheid kan opleveren.

Een punt betreffende de veiligheid van een injectieproject dat in de Verenigde Staten moeilijker ligt dan in Nederland is de kwestie van de aanwezigheid van verlaten putten die de afsluitende laag doorboren in de nabijheid van het punt waar afvalstoffen worden ingepompt. Het centraal registreren van de lokaties van alle diverse putten en ook de afwerking van deze putten voor het verlaten zijn in de Verenigde Staten vooral in het verleden niet zo stringent geregeld geweest als in Nederland. Men weet dus vaak niet van te voren of er ergens in de omgeving van een injectieput potentiële lekken in de vorm van slecht of helemaal niet gecementeerde putten aanwezig zijn.

Hoewel na de tot nu toe opgedane ervaring veilige operatie mogelijk gebleken is, zei dr. O. Childs (Texas Technical University) in zijn „summary”, dat aan de tijdsfactor, d.i. de veiligheid in de naaste en verre toekomst tijdens en na de lozing van het afval ondergronds, op het symposium niet genoeg aandacht was besteed. Hij wil dan ook liever niet over „disposal” doch over „emplacement” spreken. Hoewel al ons onderzoek en meten tot een prognose kunnen leiden, wat het afval ondergronds gaat doen, hoe de formatie en het formatiewater zullen reageren — omdat de aardkorst een dynamisch systeem is, kan absolute veiligheid voor toekomstige generaties moeilijk gegarandeerd worden bij onze huidige kennis. Childs eindigde te zeggen dat wij in alle zorgvuldigheid door kunnen gaan met behulp van al onze

wetenschappelijke en technische middelen en kennis die wij bezitten.

Wetgeving

De juridische aspecten staan geheel in het teken van de veiligheid en de bestaande wetgeving is opgesteld met het oogmerk de veiligheid zo goed mogelijk te garanderen. Behalve Texas, dat de spits afgebeten heeft met wetgeving en vergunningenstelsel, Michigan en Ohio bezit echter geen der staten wetten of richtlijnen voor de diepe ondergrondse lozing van afvalstoffen. De federale wetgeving gaat over het strikte verbod oppervlaktewater te vervuilen; in een federaal wetsontwerp, „Disposition of liquid wastes by deep well subsurface injection”, worden regels gesteld over de geschiktheid van gebieden en gesteentelagen, over de aard van het afval, de putafwerking en de operaties en worden straffen ingesteld. Hierbij wordt aan de „Administrator, Environmental Protection Agency” (E.P.A.) een grote autoriteit verleend en verkrijgt hij grote bevoegdheid in het toestaan en sluiten en injectie-operaties.

Deze E.P.A. is een federaal lichaam ingesteld in 1970. Daarnaast is er de U.S. Army Corps of Engineers dat belast is met het verlenen van vergunningen tot lozing in rivieren en havens.

Overigens is niet duidelijk geworden, wie, na aan alle regels en beperkingen voldaan te hebben, de verantwoordelijkheid draagt, mocht er toch iets mis gaan: de federatie, de staat of de operateur. Mogelijk worden dan andere juridische instrumenten van toepassing verklaard en wordt dit een kwestie voor de rechter. Een speciale moeilijkheid die genoemd werd, is de vraag wie voor de schade kan worden aangesproken, wanneer geïnjecteerde afvalstoffen na een zo lange tijd vervuiling of vergiftiging veroorzaken, dat de maatschappij die de afvalstoffen heeft geloosd niet meer bestaat.

In Nederland bestaat geen wetgeving die de ondergrondse lozing zou kunnen regelen. De gedachten gaan uit naar een vergunningenstelsel onder strikte controle van een overheidslichaam.

Kosten

Over de kosten werd betrekkelijk weinig medegedeeld. Blijkbaar variëren deze sterk van geval tot geval, afhankelijk van de aard van de formatie, diepte, aard van de afval, druk, diameter put, enz. De volgende kosten werden genoemd voor het geval van gunstige geologische omstandigheden:

initiele investering ongeveer \$ 150.000 en per 1000 U.S. gallon (3.785 liter) kosten van minimaal \$ 0.25 tot 0.40 voor injectie, onderhoud en afschrijvingen. Verschillende „contractor” maatschappijen benadrukten de economie van de

ondergrondse lozing in vergelijking met andere methoden. Als extremen werden voor de kosten van injectiesystemen genoemd \$ 25.000 en \$ 1.400.000, maar de meeste systemen komen op bedragen tussen de \$ 200.000 en \$ 400.000.

In hoeverre deze opgaven ook voor Nederland zouden gelden – in vergelijking met andere methoden – is een vraag, waarop wij geen antwoord kunnen geven. De veiligheidseisen werken kostenverhogend, doch dit mag geen rol spelen in het ontwerp van een installatie. De volgende kostensoorten kunnen worden onderscheiden:

- exploratie:
 - geologisch, geofysisch, hydrologisch onderzoek inclusief verkenningsboringen (mogelijk in het exploitatiestadium als waarnemingsputten te gebruiken), chemisch en fysisch onderzoek;
- evaluatie door een multidisciplinaire groep;
- inrichting installatie bovengronds: transportleidingen, tanks, faciliteiten vóórbehandeling afval, pompen en meetinrichtingen;
- inrichting installatie ondergronds:
 - boren en afwerken van injectieputten waarvoor in verschillende gevallen speciale materialen moeten worden gebruikt zoals roestvrij staal en met glasvezel versterkte plastic pijpen;
 - boren en afwerken van waarnemingsputten;
- exploitatie:
 - operatie, metingen en hun interpretatie;
- na verlating:
 - afsluiten (cementeren) van de injectieput;
 - metingen in waarnemingsputten en hun interpretatie.

Over de levensduur van een installatie is geen officiële mededeling gedaan. Uit discussies met betrokkenen schijnt dat wel de meeste putten een redelijke levensduur hebben. Een levensduur van 10 tot 20 jaar werd genoemd, afhankelijk van onder andere:

- het bergingsvermogen van de formatie;
- de verhoging van de injectiedruk;
- verval van de gebruikte materialen.

Onder auspiciën van de Centrale Organisatie TNO is kort geleden een studiegroep ingesteld, die zich met het onderzoek naar de mogelijkheden in Nederland bezighoudt. In deze studiegroep zijn vertegenwoordigd instellingen, die beheer en onderzoek van het grondwater tot doelstelling hebben, degenen die over kennis van de ondergrond beschikken en zij die zich met milieu- en afvalproblemen bezighouden.

Literatuur

Donald R. Rima, Edith B. Chase, and

Beverly M. Mijers: *Subsurface Waste Disposal by means of Wells* — A selective annotated bibliography. U.S. Geological Survey Water-Supply papers no. 2020, 1971, 305 p. \$ 1.50.

John E. Galley, editor: *Subsurface disposal in geologic basins — a study of Reservoir Strata*. American Association of Petroleum Geologists — Memoir 10, 1968, 253 p. 109 figs. \$ 14.00 (\$ 11.20 for AAPG-members).

R. O. van Everdingen and R. A. Freeze: *Subsurface Disposal of Waste in Canada*. Inland Waters Branch — Department of the Environment, Technical Bulletin no. 49, 1971 (met uitgebreide literatuurlijst).